

## **Attribution automatique de numéro de réseau pour un équipement de communication au sein d'un réseau IPv6**

La présente invention est relative aux réseaux de communication de type internet, et plus précisément ceux basés sur la pile protocolaire IPv6 (*Internet Protocol – version 6*). Elle concerne plus particulièrement la configuration automatique d'un tel réseau.

Un réseau de ce type est constitué d'un ensemble d'équipements, généralement appelés « routeurs », dont le rôle est d'acheminer un trafic de données entre un émetteur et un destinataire. Chaque équipement de réseau dispose d'une ou plusieurs interfaces et chacune de ces interfaces lui permet de communiquer avec un ou plusieurs autres équipements de réseau.

Sur la figure 1 annexée, l'équipement  $R_A$  dispose de deux interfaces  $I_{A1}$  et  $I_{A2}$ . L'interface  $I_{A2}$  lui permet de communiquer avec un unique équipement  $R_D$ , via son interface  $I_D$ . L'interface  $I_{A1}$  lui permet de communiquer avec deux équipements connectés au même lien,  $R_B$  et  $R_C$ , via leurs interfaces respectives  $I_B$  et  $I_C$ . Dans la réalité, un équipement ou routeur dispose de 2 ou 3 interfaces au minimum. Il doit donc « aiguiller » chaque paquet de données entrant depuis l'une de ses interfaces, vers l'un ou l'autre de ses autres interfaces. Ce choix n'est pas trivial. Ce mécanisme de choix est appelé « routage ».

Afin de pouvoir acheminer correctement le trafic d'un point à un autre, chaque équipement de réseau a à sa disposition une table dite de routage qui met en correspondance un ensemble d'adresses et une interface de sortie : ainsi, un équipement recevant un paquet de données ayant pour destination tel adresse, sera en mesure de déterminer vers laquelle de ses interfaces il lui faut l'envoyer.

Avant qu'un réseau de communication puisse acheminer ainsi un trafic de données, il est donc nécessaire de passer par une étape de

**COPIE DE CONFIRMATION**

configuration du réseau, durant laquelle notamment, des adresses doivent être attribuées à chacune des interfaces de chacun des équipements de ce réseau, puis construire les tables de routage.

Les spécifications d'un réseau IPv6 sont précisées dans le RFC 2460  
5 de l'IETF (*Internet Engineering Task Force*). Le document « *IP Version 6 Addressing Architecture* » (*draft-ietf-ipv6-addr-arch-v4-00.txt*) précise plus particulièrement la façon dont les adresses de ces interfaces doivent être constituées.

Plusieurs types d'adresses existent, mais nous nous intéresserons aux  
10 adresses « *global unicast* », c'est-à-dire celles permettent d'identifier de façon unique une interface d'un équipement de communication, au sein d'un réseau. Dans le cas du réseau dit « internet » reliant une pluralité de sous-réseau à travers le monde, cette unicité doit être recherchée au niveau mondial. Ces adresses « *global unicast* » seront par la suite simplement  
15 appelées « adresses globales » pour davantage de clarté dans le texte.

Une adresse de ce type est principalement composée de deux parties, une première partie (typiquement sur 64 bits), et seconde une partie (typiquement sur 64 bits ; l'adresse globale étant alors sur 128 bits au total).

La seconde partie est constituée à partir d'un identifiant unique de  
20 l'interface. La façon dont cette partie est constituée est précisée dans le paragraphe 2.5.1 du document « *IP Version 6 Addressing Architecture* ». Elle peut être constituée à partir d'un identifiant universel, par exemple du type défini par la norme « IEEE 802 MAC » (pour « *Media Access Control* ») ou « IEEE EUI-64 » (pour « *Extended Universal Identifier* »).

25 Cette seconde partie peut être facilement déterminée par chaque équipement de réseau de façon autonome et automatique.

Il n'existe toutefois pas de procédé automatique permettant à un équipement de réseau de déterminer la première partie, généralement  
30 appelée « numéro de réseau ».

Actuellement, dans les réseaux de type IPv6, cette partie est déterminée de façon manuelle par un opérateur en charge de la configuration du réseau. Celui-ci se connecte sur chaque équipement de réseau afin de lui attribuer une adresse globale pour chaque interface, 5 idéalement selon un plan d'adressage optimisé. Un tel plan d'adressage peut être conforme à la méthodologie décrite dans le RFC 3177 intitulé « *IAB/IESG Recommendations on IPv6 Address Allocations to Sites* ».

Cette allocation manuelle des adresses globales présente de nombreux inconvénients. Notamment, elle nécessite un temps important et 10 l'occupation d'une équipe de techniciens spécialisés. Elle ne permet pas non plus facilement une reconfiguration de la topologie du réseau ou l'ajout d'un nouvel équipement dans un réseau pré-existant. Surtout, elle est susceptible d'engendrer des erreurs car les techniciens aussi compétents soient-ils, sont sujets aux erreurs humaines. Ces erreurs sont d'autant plus nombreuses que 15 le réseau est important, et donc difficiles à détecter puis à corriger.

Un besoin d'automatiser la configuration des réseaux de communication, et notamment l'attribution des adresses globales des interfaces est apparu.

20 Une première étape vers cette automatisation a été divulguée par les documents « *Automatic Prefix Delegation Protocol for Internet Protocol Version 6 (IPv6)* » de B. Haberman et J. Martin (draft-haberman-ipngwg-auto-prefix-02.txt) publié en février 2002, et « *Hierarchical Prefix Delegation Protocol for Internet Protocol Version 6 (IPv6)* » de Byung-Yeob Kim, Kyeong-Jin Lee, Jung- 25 Soo Park et Hyoung-Jun Kim (draft-bykim-ipv6-hpd-00.txt) publié en octobre 2003. Ces deux documents sont des « *drafts* » IETF, disponibles sur le site web de l'IETF (*Internet Engineering Task Force*) sous les noms de fichiers indiqués entre parenthèses ci-avant.

De ces documents, il est connu d'attribuer à un équipement de réseau 30 un préfixe d'adresse de façon automatique à partir d'un préfixe d'adresse

fourni par un autre équipement de réseau. Ce dernier est appelé « délégateur d'adresses » et le mécanisme est lui-même appelé « délégation d'adresse ».

Un tel mécanisme est toutefois insuffisant puisqu'il ne s'agit que de l'attribution d'un préfixe d'adresse de l'équipement de réseau. Il n'est  
5 nullement question dans ces deux documents d'attribuer des adresses globales aux interfaces de ces équipements de réseau. Or, une telle attribution est nécessaire pour parvenir à une automatisation complète de la configuration du réseau, et l'attribution des adresses globales d'interface présente des difficultés laissées sous silence dans ces documents.

10

Le problème technique qui se pose est donc d'attribuer une adresse globale unique à chacune des interfaces de chacun des équipements d'un réseau de communication de type IPv6.

Pour ce faire, l'invention a pour objet un équipement de  
15 communication pour un réseau de communication internet, notamment IPv6, comportant un ensemble d'interfaces, chacune de celles-ci étant connectées à un ou plusieurs autres équipements de communication, L'équipement (ou routeur) dispose de moyens pour recevoir un préfixe d'adresse depuis un premier autre équipement de communication sur une première interface ( $I_{2a}$ ).  
20 L'équipement de communication selon l'invention se caractérise en ce qu'il dispose en outre d'un moyen d'attribution pour attribuer à chacune de ces interfaces, une adresse globale déterminée à partir notamment du préfixe d'adresse.

Selon une mise en œuvre de l'invention, le moyen d'attribution  
25 détermine l'adresse globale d'une de ces interfaces en concaténant un numéro de réseau et un identificateur d'interface, le numéro de réseau contenant le préfixe d'adresse et formant un sous-espace d'adressage de celui formé par le préfixe d'adresse.

Selon un mode de réalisation préférentiel, le moyen d'attribution peut  
30 de surcroît attribuer à la première interface, le même numéro de réseau que

celui attribué par ce premier équipement de communication à l'interface connectée à la première interface.

Selon une mise en œuvre de l'invention, un et un seul numéro de réseau est attribué par lien.

5

Un équipement de réseau selon l'invention est donc capable de configurer ses interfaces avec une adresse globale unique, c'est-à-dire unique pour l'ensemble du réseau de communication. Cette configuration est automatique pour chaque équipement de réseau et le réseau peut donc se configurer entièrement automatiquement de façon récursive, à partir d'un préfixe initial qui peut lui être attribué de façon automatique ou non.

L'invention et d'autres de ses avantages apparaîtront de façon plus claire dans la description qui va suivre en liaison avec les figures annexées, donc un petit descriptif suit :

La figure 1, déjà commenté, schématise un réseau de communication formé de 4 équipements.

La figure 2 illustre le format d'une adresse globale d'interface selon l'invention.

La figure 3 schématise un réseau de communication, et le déroulement du procédé décrit sur ce réseau.

Selon l'invention, une adresse globale d'interface est composée de 4 parties, ainsi qu'illustré par la figure 2. Selon une mise en œuvre de l'invention utilisant le protocole IPv6, la taille totale de cette adresse globale est de 128 bits.

La partie la plus à droite U est formée à partir d'un identifiant universel ainsi qu'il est connu de l'état de la technique et ainsi qu'il a été

expliqué précédemment. Selon la mise en œuvre IPv6, la taille de ce champ U est de 64 bits.

La partie la plus à gauche est un préfixe P qui est fournie par un autre équipement du réseau de communication. Comme nous le verrons  
5 ultérieurement, la taille de ce préfixe est variable et dépend de la position de l'équipement dans la topologie du réseau de communication, lors du processus de délégation d'adresses.

La partie référencée N est un numéro, permettant la dérivation de la ressource unique P en plusieurs ressources de plus petite taille.

10 La partie suivante, référencée Z, peut être constituée, par exemple, que de « 0 ». Sa taille est imposée par la taille des autres champs et peut, à la limite, être réduite à 0 bit.

Généralement, après son démarrage, s'il ne possède pas de préfixe  
15 global, un équipement de réseau transmet une requête sur l'ensemble de ses interfaces afin d'obtenir un préfixe d'adresse P. Tant qu'il ne reçoit pas ce préfixe, il attend car il ne peut pas déterminer les adresses globales de ses interfaces.

Dès qu'il a reçu un préfixe, il peut reprendre le procédé d'attribution  
20 des adresses globales d'interfaces. S'il reçoit plusieurs préfixes de la part de plusieurs autres équipements connectés via ses interfaces, un arbitrage peut être effectué. Il peut par exemple être choisi de prendre le premier préfixe obtenu, et considérer l'équipement duquel il provient comme « délégateur » pour lui suite du processus.

25 Une fois ce préfixe obtenu, l'équipement de réseau peut déterminer une adresse globale pour l'ensemble de ses interfaces, hormis – selon une mise en œuvre préférentielle de l'invention – celle du « délégateur », c'est-à-dire celle connecté à l'équipement de réseau qui lui a fourni le préfixe. Nous verrons ultérieurement que cette interface peut être judicieusement configurée

avec la valeur du préfixe reçu, ce qui garanti de bonnes propriétés d'agrégation des routes dans les équipements en amont du délégateur.

- Ces adresses globales sont déterminées selon le schéma ci-dessus, c'est-à-dire en utilisant le préfixe reçu pour construire le champ P, et
- 5 l'identifiant universel pour construire le champ U.

Selon un mode de réalisation de l'invention, l'équipement ne détermine pas l'adresse globale de l'interface par laquelle le préfixe lui a été transmis.

- 10 L'équipement détermine ensuite un ensemble de sous-préfixes SP définissant autant d'espace d'adressage plus limité que celui défini par le préfixe P. Ces sous-préfixes SP contiennent donc le préfixe P, et lui concatènent par la droite un certain nombre de bits (partie N).

- Ces sous-préfixes SP, et les espaces d'adressages associés, peuvent
- 15 être utilisés par l'équipement pour son usage propre ou bien pour être délégués à d'autres équipements de communication.

Il peut y avoir différentes façons pour déterminer ces sous-préfixes SP à partir des préfixes P.

- Le tableau ci-dessous donne la liste des sous-préfixes SP qui peuvent
- 20 être formées à partir d'un préfixe P. Dans cet exemple, il a été choisi de concaténer 3 bits supplémentaires à gauche du préfixe pour former les sous-préfixes. Ces sous-préfixes sont donc au nombre de 8 puisque  $2^3 = 8$ . La première colonne donne les sous-préfixes en base hexadécimale, la seconde colonne donne les mêmes valeurs en binaire.

P-0000	P-0000 0000 0000 0000
P-2000	P-0010 0000 0000 0000
P-4000	P-0100 0000 0000 0000
P-6000	P-0110 0000 0000 0000
P-8000	P-1000 0000 0000 0000
P-A000	P-1010 0000 0000 0000

P-C000	P-1100 0000 0000 0000
P-E000	P-1110 0000 0000 0000

Dans cet exemple, il a été choisi que chaque sous-préfixe aurait la même taille (taille du préfixe P + 3bits) formant autant de sous-espaces d'adressage égaux. D'autres mises en œuvre sont bien évidemment possibles.

5 Pour ce qui est de la distribution des sous préfixes, là encore, plusieurs mises en œuvre sont possibles. Il peut s'agir par exemple du procédé de délégation précédemment décrit et plus amplement spécifié dans les documents cités ci-dessus. Dans cette situation, l'équipement en question agit  
10 comme un délégateur de préfixe vis-à-vis des autres équipements connectés à ses interfaces.

Selon un mode particulier de réalisation de l'invention, on peut optimiser l'utilisation de la capacité d'adressage des adresses globales, en choisissant la longueur à ajouter au préfixe reçu en fonction du nombre  
15 d'équipements connectés.

Ainsi, si un équipement possède « n » équipements connectés à lui, alors il faut  $\log_2(n)$  bits pour représenter ce nombre d'équipement, où  $\log_2$  représente le logarithme en base binaire. Cet espace d'adressage lié à ce nombre « n » peut permettre de numérotter les équipements voisins, c'est-à-  
20 dire ceux qui sont connectés directement à ses interfaces. Si, par exemple, l'équipement possède 3 équipements voisins, alors il peut les numérotter sur 2 bits ( $\log_2(3)=2$ ) et ils pourront prendre comme numéro identificateur 1, 2 et 3, soit en binaire « 01 », « 10 » et « 11 » respectivement.

Sachant qu'un équipement voisin est accessible à travers une interface  
25 de l'équipement en question, une mise en œuvre de l'invention propose de numérotter une interface donnée en fonction du préfixe attribué à celle-ci à partir par cet équipement voisin. Par exemple, sur la figure 1, l'équipement  $R_A$



attribue le même numéro à son interface  $I_{A2}$  que le préfixe qui a été attribué à l'équipement  $R_D$ .

Pour ce qui est de l'interface  $I_{A1}$ , un arbitrage peut être effectué entre les numéros attribués aux équipements  $R_B$  et  $R_C$ , puisque ceux-ci sont  
5 connectés à cette même interface  $I_{A1}$ .

Ce procédé permet ainsi de déterminer au moins une même adresse globale pour les interfaces d'équipements connectés ensemble, conformément à ce qui est requis par le protocole IPv6.

10 La propriété supplémentaire qui consiste à en déterminer au plus une est très intéressante puisqu'elle permet d'économiser les ressources d'adressage. En effet, un même numéro de réseau est ainsi utilisé pour 3 interfaces, ce qui permet l'économie de deux numéros de réseau qui pourront ainsi être utilisés pour d'autres usages.

15 Ainsi, sur la figure 1, les numéros de réseau (i.e. les 64 bits de poids fort des adresses globales) des interfaces  $I_{A1}$ ,  $I_B$  et  $I_C$  sont les mêmes.

La figure 3 illustre le déroulement du procédé selon l'invention sur un  
20 réseau de petite taille.

L'équipement  $R_1$  a acquis un préfixe initial valant 2001:db8:1:0000::0/48. La signification de ce format est explicitée dans les documents précédemment cités sur les formats d'adresses dans le protocole IPv6. Il est toutefois important de noter ici que le « /48 » indique la longueur  
25 en bits de ce préfixe et que celui-ci est sur 64 bits au maximum. Par la suite, pour les adresses globales d'interface nous ne mentionnerons pas la partie U de l'identifiant universel.

Ce préfixe initial est utilisé par l'équipement  $R_1$  pour déterminer les sous préfixes qu'il va transmettre à ses équipements voisins en tant que  
30 délégateur. Dans cet exemple, on attribue 3 bits supplémentaires pour

découper l'espace d'adressage en  $2^3=8$  espaces plus petits (le champ N est de taille 3 bits). On attribue donc un premier sous espace à l'équipement  $R_2$ , par exemple « 001 » et à l'équipement  $R_5$  un second sous espace, par exemple « 010 ». Les sous-préfixes transmis aux équipements  $R_2$  et  $R_5$  sont  
5 respectivement 2001:db8:1:2000::0/51 et 2001:db8:1:4000::0/51.

L'équipement  $R_1$  attribue des numéros de réseau à ses interfaces en fonction des sous-préfixes attribués aux équipements connectés à ces  
10 interfaces.

On obtient donc pour l'interface  $I_{1a}$  le numéro de réseau 2001:db8:1:2000::0/64. Comme indiqué précédemment, on peut compléter ce numéro de réseau sur 64 bits par – par exemple – l'identifiant universel pour obtenir les 128 bits de l'adresse globale d'interface IPv6.

15 On obtient de même pour l'interface  $I_{1b}$  le numéro de réseau sur 64 bits : 2001:db8:1:4000::0/64.

Les équipements  $R_2$  et  $R_5$  procèdent ensuite de la même façon, par exemple dès qu'ils sont en possession du préfixe transmis par le délégateur  $R_1$ . Les processus peuvent donc en partie être exécutés parallèlement sur les  
20 différents équipements.

L'équipement  $R_2$  attribue comme numéro de réseau à l'interface  $I_{2a}$ , le même numéro de réseau que celui attribué à l'interface  $I_{1a}$  par l'équipement  $R_1$ .

25 De la même façon que précédemment, l'équipement  $R_2$  attribue 3 bits supplémentaires pour découper en 8 son espace d'adressage déterminé par le préfixe fourni par l'équipement délégateur  $R_1$ .

L'équipement  $R_5$  se voit fournir un sous-préfixe par l'équipement  $R_1$ . Il est en quelque sorte au même niveau dans l'arbre de délégation que

l'équipement  $R_2$ . Par conséquent, il n'est pas considéré par l'équipement  $R_2$  pour l'attribution d'un sous-préfixe.

L'équipement  $R_2$  attribue donc un premier sous-espace à l'équipement  $R_4$ , par exemple déterminé par « 001 » en binaire (bits du champ N) et un  
5 second sous-espace à l'équipement  $R_5$  déterminé par exemple par « 010 ».

Les sous-préfixes qui leur sont transmis sont donc respectivement 2001:db8:1:2400::0/64 et 2001:db8:1:2800::0/64 puisque « 2400 » s'écrit en binaire « 001-001-00... » et « 2800 », « 001-010-00... ». On remarque que le premier groupe de gauche (« 001 ») est constitué des 3 bits attribués à  
10 l'équipement  $R_2$  par l'équipement  $R_1$ .

Le numéro de réseau des interfaces  $I_{2c}$  et  $I_{5c}$  ne peut être attribué de la même façon et est donc négociée entre les deux équipements  $R_2$  et  $R_5$ . Sur l'exemple de la figure 3, il a été négocié que celui-ci devait être déterminé par l'équipement  $R_5$ . Par conséquent, ce numéro de réseau des interfaces  $I_{2c}$  et  $I_{5c}$   
15 contient le sous-préfixe de l'équipement  $R_5$  au même titre que le numéro de réseau de l'interface  $I_{5a}$  pour laquelle la situation est identique.

L'équipement  $R_5$  attribue donc 3 bits supplémentaires (sur cet exemple) pour découper en 8 parties son espace d'adressage. Il attribue donc  
20 un premier sous-espace déterminé par exemple par la valeur « 001 » pour l'interface  $I_{5a}$  et un second sous-espace déterminé par exemple par la valeur « 010 » pour l'interface  $I_{5c}$ . Les numéros de réseau de ces deux interfaces sont alors 2001:db8:1:4400::0/64 pour l'interface  $I_{5a}$  et 2001:db8:1:4800::0/64 pour l'interface  $I_{5c}$ .

25

Pour ce qui est des interfaces  $I_{2b}$ ,  $I_{3b}$  et  $I_4$ , la situation est différente puisqu'il existe ici une relation de délégation entre l'équipement  $R_2$  d'une part et les équipements  $R_3$  et  $R_4$  d'autre part. Là encore, une négociation peut avoir lieu afin de déterminer si c'est le sous-préfixe attribué à l'équipement  $R_3$  ou  
30 celui attribué à l'équipement  $R_4$  qui doit être utilisé. Cette négociation permet

de n'utiliser qu'un seul préfixe de réseau pour l'ensemble des interfaces, mais une autre mise en œuvre pourrait être de choisir des adresses de réseau différentes selon un autre mécanisme de négociation ou bien sans négociation.

- 5 Dans l'exemple de la figure 3, c'est le sous-préfixe attribué à l'équipement  $R_4$  qui a été choisi. Le numéro de réseau de ces trois interfaces  $I_{2b}$ ,  $I_{3b}$  et  $I_4$  est donc 2001:db8:1:2400::0/64.

Un avantage supplémentaire de l'invention est que, comme le  
10 procédé est arborescent, chaque équipement du réseau attribue des adresses globales à ses interfaces qui sont formées à partir d'un préfixe fourni par le délégateur. Autrement dit, du point de vue de ce délégateur, tous les numéros de réseau et donc toutes les adresses globales des interfaces des équipements auxquels il a fourni un préfixe, sont des adresses « agrégeables » de ce  
15 préfixe. Par adresses « agrégeables », on entend des adresses constituées à partir d'un même préfixe. Aussi, ces adresses « agrégeables » peuvent être mémorisées sous la forme d'une unique entrée dans la table de routage de l'équipement délégateur.

Il en découle un gain en espace de mémorisation dans l'équipement  
20 de réseau, et un gain de temps pour rechercher la bonne entrée dans cette table de routage, lorsque l'équipement doit acheminer des paquets de données.

## REVENDICATIONS

1) Équipement de communication ( $R_2$ ) pour un réseau de communication internet, comportant un ensemble d'interfaces ( $I_{2a}$ ,  $I_{2b}$ ,  $I_{2c}$ ),  
5 chacune desdites interfaces étant connectées à un ou plusieurs autres équipements de communication ( $R_1$ ,  $R_3$ ,  $R_4$ ,  $R_5$ ), disposant de moyens pour recevoir un préfixe d'adresse depuis un premier autre équipement de communication ( $R_1$ ) sur une première interface ( $I_{2a}$ ), caractérisé en ce qu'il dispose en outre d'un moyen d'attribution pour attribuer à chacune desdites  
10 interfaces ( $I_{2b}$ ,  $I_{2c}$ ), une adresse globale déterminée à partir notamment dudit préfixe d'adresse.

2) Équipement de communication selon la revendication 1, dans lequel ledit moyen d'attribution détermine l'adresse globale d'une desdites  
15 interfaces en concaténant un numéro de réseau et un identificateur d'interface, ledit numéro de réseau contenant ledit préfixe d'adresse et formant un sous-espace d'adressage de celui formé par ledit préfixe d'adresse.

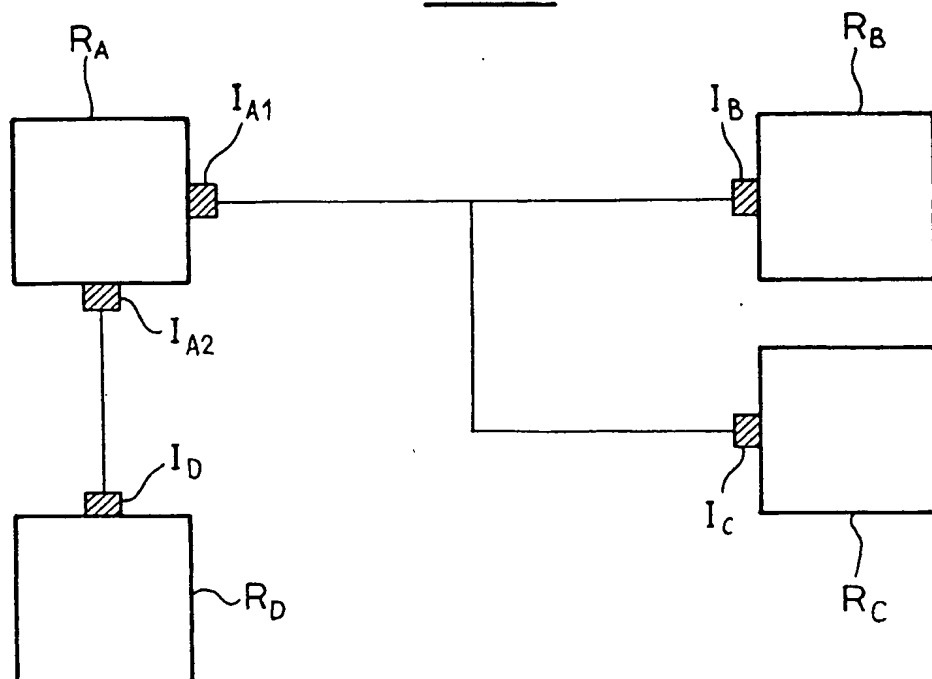
20 3) Équipement de communication selon la revendication précédente, dans lequel ledit moyen d'attribution attribue à ladite première interface, le même numéro de réseau que celui attribué par ledit premier équipement de communication à l'interface connectée à ladite première interface.

25 4) Équipement de communication selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ledit réseau de communication est de type IPv6.

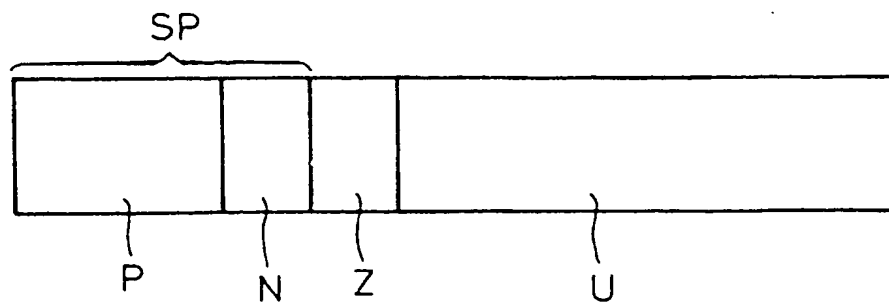
5) Équipement de communication selon l'une des revendications 2 à 3, dans lequel un et un seul numéro de réseau est attribué par lien.

1/2

FIG\_1



FIG\_2



2/2

FIG\_3